



REC'D 12 JAN 2004

WIPO PCT

# Kongeriget Danmark

Patent application No.: PA 2002 01963

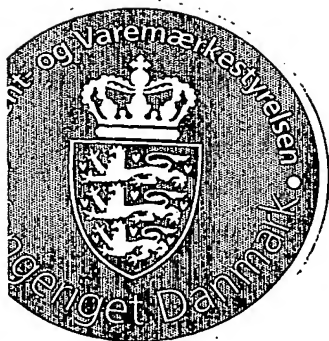
Date of filing: 20 December 2002

Applicant:  
(Name and address) LM Glasfiber A/S  
Rolles Møllevej 1  
DK-6640 Lunderskov  
Denmark

Title: Fremgangsmåde til drift af en vindmølle.

IPC: F 03 D 11/00; F 03 D 7/02

This is to certify that the attached documents are exact copies of the above mentioned patent application as originally filed.



**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Patent- og Varemærkestyrelsen  
Økonomi- og Erhvervsministeriet

05 November 2003

J-kelle Schackinger Olesen

Helle Schackinger Olesen

Best Available Copy





Patents · Trade Marks · Designs

75827

Jen/GB

P. ans. nr.

Modtaget

20 DEC. 2002

PVS

LM Glasfiber A/S

Rolles Møllevej 1

6640 Lunderskov.

Fremgangsmåde til drift af en vindmølle.

#### PATENTS

Taga Nørgaard °°  
Ulrik Nørgaard °°  
Ole Thleny-Carstensen °°  
Peter Kim Jensen °°  
Ulla C. Klinge °°  
Jørgen Silger °°  
Henrik Zeuthen-Aagaard °°  
Erik Lichtenberg °°  
Bent Christensen °°  
Henrik Dytmar °°  
Peter Englav °°  
Ebbe Johansen  
Michael Henriksen  
Ulrik von Freiesleben  
Rasmus Post  
Morten Røsted  
Susanne Nord *secretariat*  
Kirsten M. Jensen *annuities*

#### SEARCHES

Louise Dalsgaard

#### TRADE MARKS AND DESIGNS

Kaj L. Henriksen °°  
Henrik Jespersen °°  
Claus Hyllinge °°  
Birgitte Waagapetersen °°  
Christian Kragelund °°  
Peter Larsen °°  
Kristiane B. Vandborg  
Sanna D. Hartvigsen *renewals*  
Sonja Nielsen *assignments*

#### ACCOUNTING/ DP

Steffen Hussing

- ° Member of The Association of Danish Patent Agents
- ° European Patent Attorney
- ° European Trade Mark Attorney

Chas. Hude A/S  
H. C. Andersens Boulevard 33  
DK-1780 Copenhagen V  
Denmark

Telephone  
(+45) 33 15 45 14  
  
A/S Reg. No. 179.446

Telefax  
(+45) 33 15 45 35 (Pat.)  
(+45) 33 15 51 08 (Tm)

E-mail  
chashude@chashude.dk  
Internet  
www.chashude.com

Postal cheque (giro): 500-0599  
Nordea A/S: 5501-5010120700  
Bank: S.W.I.F.T. address: NDEADKKK  
Tax I.D./VAT No.: DK 12938179

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til drift af en vindmølle, som har en generator og en hermed forbundet rotor med et nav og dermed drejeligt til regulering af indstillingsvinklen forbundne vinger.

Indledningsvis skal det bemærkes, at der med vinger, der er drejeligt forbundet med navet  
5 til regulering af indstillingsvinklen (pitchvinklen), både forstås pitchregulerede vinger og aktivt stall-regulerede vinger. Ved pitchregulering drejes vingerne med voksende vindhastighed væk fra stall, dvs. indstillingsvinklen forøges, så opdriften begrænses. Ved aktivt stall-regulerede vinger drejes vingerne ved højere vindhastighed i negativ retning, dvs. i modsat retning af, hvad der er tilfældet ved pitchregulerede vinger, så der opstår stall.

10 Det er almindeligt kendt, at vindmøller kan placeres i områder, hvor vejrforholdene kan medføre isopbygning på vindmøllevinger såvel som på resten af møllen. Risiko for isdannelse foreligger især ved lave lufttemperaturer og høj luftfugtighed eller nedbør.

Under vindmøllens drift, dvs. når rotoren roterer, vil isdannelsen på vingerne hovedsageligt finde sted i området ved vingernes forkant. En sådan isdannelse kan være kritisk, idet  
15 vingernes forkant har stor indflydelse på vingernes aerodynamiske egenskaber, hvorfor isbelægning på denne vil kunne reducere vindmøllens effekt væsentligt. Yderligere kan isbelægning på en eller flere af vingerne bevirke, at der opstår ubalance i rotoren samt en yderligere belastning af møllens mekaniske dele.

Til løsning eller i det mindste reduktion af problemerne med isdannelse benyttes der i dag  
20 enten isfjernelse (også betegnet afisning eller de-ising) eller isforhindring (også benævnt anti-ising). Ved de-ising lader man under møllens drift et islag blive opbygget på vingens forkant og fjerner dette med passende mellemrum. Ved anti-ising forhindrer man til stadighed isdannelse på vingen, fortrinsvis ved til stadighed at opvarme vingen til en temperatur over frysepunktet, så der aldrig dannes is på denne.

25 De-ising kan foretages mekanisk, eksempelvis ved på vingens forkant at benytte en oppustelig gummibælg eller termisk ved opvarmning af forkantområdet, eksempelvis ved hjælp

af elektriske varmeelementer indbygget i vingens overflade, ved at lede varm luft ind i vingens indre (kendt fra DE 20 014 238) eller ved hjælp af mikrobølgeenergi (kendt fra WO 98/01340).

5 Anti-ising foretages primært termisk ved opvarmning af hele vingen. Hvis kun forkanten opvarmes, som ved de-ising, vil vand, fremkommet ved smeltning af is, strømme ned mod vingens bagkant og dér fryse til is. Det er ved anti-ising derfor nødvendigt at opvarme hele vingen.

10 Ved svag eller ingen vind vælger man i dag enten at bremse rotoren eller at lade vindmøllen køre i tomgang (idle), hvorved møllen er frakoblet forsyningsnettet, og rotoren således vil rotere langsomt eller stå stille i afhængighed af vindhastigheden. Men i begge tilfælde kan der under vejrforhold med risiko for overisning eller isopbygning opbygges is med ret stor tykkelse på vinger såvel som på tårn og nacelle.

15 Forud for at en vindmølle kan startes igen og fortsætte i effektiv drift skal denne is fjernes fra vingerne, hvilket kan gøres ved opvarmning af vingerne. Denne opvarmning kan eksempelvis foretages på de ovenfor under beskrivelse af anti-ising nævnte måder. Herved løsnes den opbyggede is og falder ned på jorden forud for opstart af møllen.

De ovenfor beskrevne kendte metoder til forhindring/fjernelse af is på vindmøllevinger er imidlertid ikke optimale.

20 Yderligere vil stilstand af en vindmølle under vejrforhold, hvor der er risiko for overisning, alle møllens komponenter, herunder olie i gearkassen og i vindmøllens mange hydrauliske komponenter, blive nedkølet. Under stilstand er der ikke nogen bevægelse i gearolie eller i hydraulikolie og yderligere hviler belastningen fra nacellen og møllevingerne på samme lejekugler eller -ruller i forskellige usmurte lejer gennem længere tid. En opstart fra stilstand giver derfor en større slitage end kontinuerlig drift af vindmøllen.

- Det er formålet med opfindelsen at anvise en fremgangsmåde til at kontrollere hvor på en vindmøllevinge, der under specielle vejrforhold, finder isdannelse sted og samtidig derved forhindre isdannelser på andre områder af en vindmøllevinge. Særligt er det formålet at tilvejebringe en fremgangsmåde til drift af en vindmøllevinge, hvorved isdannelsen begrænses til vingens forkantområde. Det er endvidere formålet med opfindelsen at anvise en fremgangsmåde, hvormed der opnås en mere driftsklar vindmøllevinge under vejrforhold med risiko for isdannelse på vindmøllevingen og med svag vind.

- Til opnåelse af ovennævnte formål er fremgangsmåden ifølge opfindelsen ejendommelig ved, at under vejrforhold med risiko for isdannelse på vingerne og ingen eller svag vind benyttes generatoren som motor til at drive rotoren, idet vingernes omløbstal og indstillingsvinkel indstilles så isdannelse vil finde sted i områder af vingerne, især vingernes forkantområde, hvor der er tilvejebragt et isbekæmpelsesmiddel i form af et afisningssystem eller en overfladestruktur eller overfladebelægning, som tilvejebringer en vand- og isafvisende overflade.

- Det skal bemærkes, at vindmøllevinger normalt er vredet eller snoede, således at selve vingens indstillingsvinkel er størst nær roden og mindst ved tippen, hvor indstillingsvinklen typisk er nul grader, hvorfor den resulterende vinds indfaldsvinkel vil variere over vingens længde, og den nævnte regulering af vingernes indstillingsvinkel (pitchvinkel) skal forstås som en drejning af hele vingen.

- Det skal endvidere bemærkes, at der med ingen eller svag vind forstås en vind på mellem 0 og 5 m/s, fortrinsvis en vindhastighed under 3 m/s.

Endeligt skal det bemærkes, at der med den resulterende vind eller vindhastighed forstås resultanten af den egentlige vind hen over jorden i vingernes højde (også benævnt den frie vind) og modvinden på grund af vingernes rotation.

- I perioder med ingen eller svag vind, og møllen således ikke vil producere strøm til forsyningsnettet, og hvor vejrforholdene yderligere giver risiko for overisning af vingerne, dri-

ves rotoren således til rotation ved hjælp af møllens egen generator, der virker som motor. Samtidig indstilles vingernes indstillingsvinkel, således at en eventuel isdannelse vil finde sted i de områder af vingerne, hvor isbekæmpelsesmidlet forefindes, dvs. især i vingernes forkantområde. Denne driftsituation svarer således i en vis udstrækning til normal drift, således at der kun opbygges is på vingens forkant, og vingens tryk- og sugeside holdes isfri, idet det skal forstås, at rotoren naturligvis bringes til at rotere med et sådant omløbstal, at det sikres, at eventuelle isdannelse i alt væsentligt kun kan finde sted på vingernes forkant. Følgelig er det tilstrækkeligt med et afisningssystem til fjernelse af is fra vingens forkantområde. Dette afisningssystem til afisning af vingernes forkant kan være et hvilket som helst kendt afisningssystem, f.eks. et af de tidligere omtalte aktive mekaniske eller elektriske afisningssystemer, men kan også være et passivt afisningssystem i form af en speciel overfladestruktur eller belægning, som giver en vand- eller isafvisende overflade. Der kan naturligvis også benyttes en kombination af et aktivt og et passivt afisningssystem.

En yderligere fordel ved fremgangsmåde ifølge opfindelsen er, at da rotoren drives af generatoren/motoren, kan der let og hurtigt skiftes mellem stilstandsdrift, hvor rotoren drives ved at trække strøm fra nettet, og effektiv drift, hvor rotoren drives af vinden og producerer strøm til nettet, idet vindmøllen på grund af rotorens rotationshastighed i princippet er klar til omskiftning øjeblikkeligt, når vindhastigheden atter tiltager, så der kan produceres strøm.

Under en normal opstart fra stilstand, dvs. med bremset rotor, vil rotoren først skulle bringes op i omdrejninger, før den kan indkobles på forsyningsnettet. Ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen opnås der mulighed for hurtigt skift mellem stilstandsdrift og effektiv drift, hvis vindstyrken varierer kortvarigt. Endvidere opnås ved den kontinuerlige drift af møllen en reduktion af sliddet på møllens mekaniske dele set i forhold til opstart af møllen fra kold tilstand.

Ifølge en udførelsesform for opfindelsen indstilles vingernes omløbstal og vingernes indstillingsvinkel, så den resulterende vind rammer ind på vingernes forkant med en indfaldsvinkel mellem  $-30^\circ$  og  $+30^\circ$ , fortrinsvis mellem  $-12^\circ$  og  $+12^\circ$  over hovedparten af vingens

længde eller anderledes udtrykt vinklen mellem vingens kordelinie og den resulterende vinds retning er mellem  $-30^\circ$  og  $+30^\circ$ , fortrinsvis mellem  $-12^\circ$  og  $+12^\circ$ . Herved vil den resulterende vind i alt væsentligt ramme ind mod forkanten over størstedelen af vingens længde, dvs. mindst halvdelen eller de ydre to tredjedele af dennes længde.

- 5 Ifølge en yderligere udførelsesform for opfindelsen indstilles vingens indstillingsvinkel (pitchvinkel) for minimering af energiforbruget til at rotere rotoren. I praksis vil dette indebære, at der vælges en indstillingsvinkel nær  $0^\circ$ , idet modvindskraften herved minimeres.

- Endvidere kan ifølge opfindelsen vingerne i området ved deres forkant er forsynet med et  
10 afisningssystem og afisningssystemet med mellemrum aktiveres til fjernelse af det dannede islag.

Herved kan mellemrummene mellem aktiveringen af afisningssystemet fastlægges på basis af tykkelsen af det dannede islag.

- Alternativt eller i tillæg hertil kan mellemrummene mellem aktiveringen af afisningssystemet fastlægges på basis af vejrforholdene, dvs. på basis af målinger af vind, temperatur,  
15 fugtighed og nedbør.

Desuden kan aktiveringen af afisningssystemet ved en særlig enkel udførelsesform foretages med faste forud fastlagte mellemrum.

- Fremdeles kan ifølge opfindelsen vingerne i området ved forkanten have en overfladestruktur eller overfladebelægning, som tilvejebringer en vand- og isafvisende overflade. Herved  
20 vil det teoretisk set være muligt fuldstændigt at undgå dannelse af islag på vingerne, og i det mindste vil der kunne opnås en reduktion af den hastighed, hvormed der opbygges et islag og tykkelsen af det dannede islag. Ved at kombinere denne udførelsesform med et egentligt afisningssystem, der kan være et mekanisk afisningssystem i form af en oppustelig fleksibel bælge på forkanten, eller et termisk afisningssystem eksempelvis i form af var-  
25

meelementer ved vingens forkant, kan intervallerne mellem aktiveringen af afisningssystemet forlænges væsentligt.

Yderligere kan ifølge opfindelsen rotoren ved benyttelse af generatoren som motor bringes til at rotere med en rotationshastighed på mindst 2 m/s målt ved vingetippen.

- 5 Desuden kan ifølge opfindelsen rotoren ved benyttelsen af generatoren som motor bringes til at rotere konstant med samme omløbstal.

- Endelig kan ifølge opfindelsen generatoren intermitterende benyttes som motor til at bringe rotoren til at rotere med et forud fastlagt første omløbstal, generatoren/motoren derefter frakobles nettet så rotoren roterer frit i tomgang, indtil et forud fastlagt andet omløbstal  
10 nås, hvorefter generatoren atter benyttes som motor, indtil det første forud fastlagte omløbstal atter nås.

En simpel udførelsesform for fremgangsmåden ifølge opfindelsen vil blive klart nedenfor under henvisning til tegningen, hvor

- figur 1 skematisk viser en vindmølle, på hvilken fremgangsmåden ifølge opfindelsen kan  
15 udøve, og

figur 2 viser et tværsnit af et vingeprofil, hvor den resulterende vinds indfaldsvinkel illustreres.

- Den i figur 1 viste vindmølle omfatter et tårn 1, på toppen hvilket der er anbragt en nacelle  
2, som er drejelig i forhold til tårnet om en lodret akse. På nacellen 2 er der drejeligt om  
20 en vandret akse lejret en rotor 3 som har et rotornav 4 og tre hermed forbundne vinger 5, hvoraf kun de to er vist. Hver af vingerne 5 er forbundet drejeligt med navet, så at deres indstillingsvinkel kan reguleres. I nacellens indre er der skematisk vist et gear 6, som er forbundet med rotoren, samt en med gearret forbundet generator 7. Hver af vingerne 5 har en sugeside 12 og en trykside 13 (se figur 2).



- Det antages nu, at generatoren er en asynkron generator med et omløbstal på 1500 o/min. Ved en vindmølle af denne type ifølge kendt teknik vil vindmøllen være frakoblet elnettet, når der ikke er nogen vind eller en svag vind, dvs. typisk ved vindhastigheder under 3 m/s, og rotoren får lov til at køre langsomt rundt i afhængighed af vingen. Imidlertid overvåger møllens styring hele tiden omløbstallet, og når hastigheden når op på et bestemt niveau, lukkes der op for strømmen fra nettet, således at rotoren roterer med sit nominelle omløbstal, når vinden tiltager, således at møllen kan producere strøm. Herefter styres vindmøllen, herunder vingernes indstillingsvinkel, på kendt måde til produktion af strøm. Opstår der herefter perioder med svag vind eller ingen vind, frakobles møllen atter nettet.
- 10 Ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen forbliver vindmøllen imidlertid under vejrforhold med risiko for isdannelse på vingerne tilsluttet elnettet i perioder med ingen eller svag vind, hvorved den asynkrone generator virker som motor og trækker rotoren rundt eventuelt under anvendelse af en frekvensomformer. Samtidigt reguleres vingernes indstillingsvinkel, således at den resulterende vind rammer ind på disses forkant med en vinkel på
- 15 fortrinsvis mellem  $-12^\circ$  og  $+12^\circ$ , således at deres korde 11 danner en vinkel  $\theta$  på mellem  $-12^\circ$  og  $+12^\circ$  med den resulterende vindretning (se figur 2). Dette opnås hensigtsmæssigt ved at vælge en indstillingsvinkel for vingerne nær  $0^\circ$ , idet modvindskraften og derved energiforbruget til at rotere rotoren herved minimeres. Herved vil en eventuelt isdannelse alene finde sted på vingernes forkant 10. En isdannelse på forkanten 10 fjernes imidlertid
- 20 med mellemrum ved at aktivere varmeelementer 8, der er anbragt ved vingernes forkant 10, så at et eventuelt dannet islag løsgøres og kastes af.

Ved en simpel udførelsesform for opfindelsen foretages aktiveringen af varmeelementerne 8 med faste tidsintervaller under vejrforhold med risiko for isdannelse.

- Såfremt møllen har variabelt omløbstal kan det fordelagtigt vælges at rotere rotoren med
- 25 det mindste omløbstal som sikrer, at den resulterende kraft rammer ind på vingernes forkant med en indfaldsvinkel på mellem  $-30^\circ$  og  $+30^\circ$ , fortrinsvis mellem  $-12^\circ$  og  $+12^\circ$  over hovedparten af vingens længde. Samtidig kan der vælges en indstillingsvinkel på vingerne tæt ved  $0^\circ$ . Samlet opnås herved en minimering af energiforbruget til rotation af rotoren

samtidigt med at det sikres, at isdannelsen finder sted på vingernes forkant i det mindste over hovedparten af disses længde, dvs. over den ydre halvdel eller de ydre to tredjedele.

20 DEC. 2002

PVS


## P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til drift af en vindmølle, som har en generator (7) og en hermed forbundet rotor (3) med et nav (4) og dermed drejeligt til regulering af indstillingsvinklen forbundne vinger (5), k e n d e t e g n e t ved, at under vejrforhold med risiko for isdannelse på vingerne (5) og ingen eller svag vind benyttes generatoren (7) som motor til at drive rotoren (3), idet vingernes omløbstal og indstillingsvinkel indstilles, så isdannelse vil finde sted i områder af vingerne, især vingernes forkantområde, hvor der er tilvejebragt et isbekæmpelsesmiddel i form af et afisningssystem eller en overfladestruktur eller overfladebelægning, som tilvejebringer en vand- og isafvisende overflade.
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, hvor vingernes omløbstal og indstillingsvinkel indstilles, så den resulterende vind rammer ind på vingernes forkant (10) med en indfaldsvinkel på  $-30^{\circ}$  til  $+30^{\circ}$ , fortrinsvis på  $-12^{\circ}$  til  $+12^{\circ}$  over hovedparten af vingernes længde.
3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, hvor vingernes indstillingsvinkel (pitchvinkel) indstilles for minimering af energiforbruget til at rotere rotoren.
4. Fremgangsmåde ifølge ethvert af kravene 1 - 3, hvor vingerne i området ved deres forkant er forsynet med et afisningssystem, og hvor afisningssystemet aktiveres med mellemrum til fjernelse af dannede islag.
5. Fremgangsmåde ifølge krav 4, hvor mellemrummene mellem aktiveringen af afisningssystemet fastlægges på basis af tykkelsen af det dannede islag.
6. Fremgangsmåde ifølge krav 4, hvor mellemrummene mellem aktiveringen af afisningssystemet fastlægges ud fra vejrforholdene, dvs. vind, temperatur, fugtighed og nedbør.
7. Fremgangsmåde ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at mellemrummene mellem aktiveringen af afisningssystemet er faste.

8. Fremgangsmåde ifølge et eller flere af de foregående krav, hvor vingerne i området ved forkanten har en overfladestruktur eller overfladebelægning, som tilvejebringer en vand- og isafvisende overflade.
9. Fremgangsmåde ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at  
5 rotoren ved anvendelsen af generatoren som motor bringes til at rotere konstant med samme omløbstal.
10. Fremgangsmåde ifølge et eller flere af de foregående krav 1 til 8, k e n d e t e g -  
n e t ved, at generatoren intermitterende benyttes som motor til at bringe rotoren til at rotere med et forud fastlagt første omløbstal, generatoren/motoren derefter frakobles nettet,  
10 så rotoren roterer frit i tomgang, indtil et forud fastlagt andet omløbstal nås, hvorefter generatoren atter benyttes som motor, indtil det første forud fastlagte omløbstal atter nås.

for LM Glasfiber A/S

Chas. Hude A/S



Fremgangsmåde til drift af en vindmølle.

Modtaget

20 DEC. 2002

SAMMENDRAG

PVS

- En vindmølle har en generator (7) og en hermed forbundet rotor (3) med et nav og dermed drejeligt til regulering af indstillingsvinklen forbundne vinger (5). Ved en fremgangsmåde til drift af en sådan vindmølle under vejrforhold med risiko for isdannelse på vingerne og ingen eller svag vind benyttes generatoren som motor til at drive rotoren, og vingernes indstillingsvinkel reguleres, så den resulterende vind i hovedsagen rammer ind på vingernes forkant. Herved sikres det, at en eventuel isdannelse alene vil finde sted på vingernes forkant. En eventuel isdannelse kan på kendt måde fjernes ved de-ising.
- 5

10 Figuren

1/1

Modtaget

20 DEC. 2002

PVS

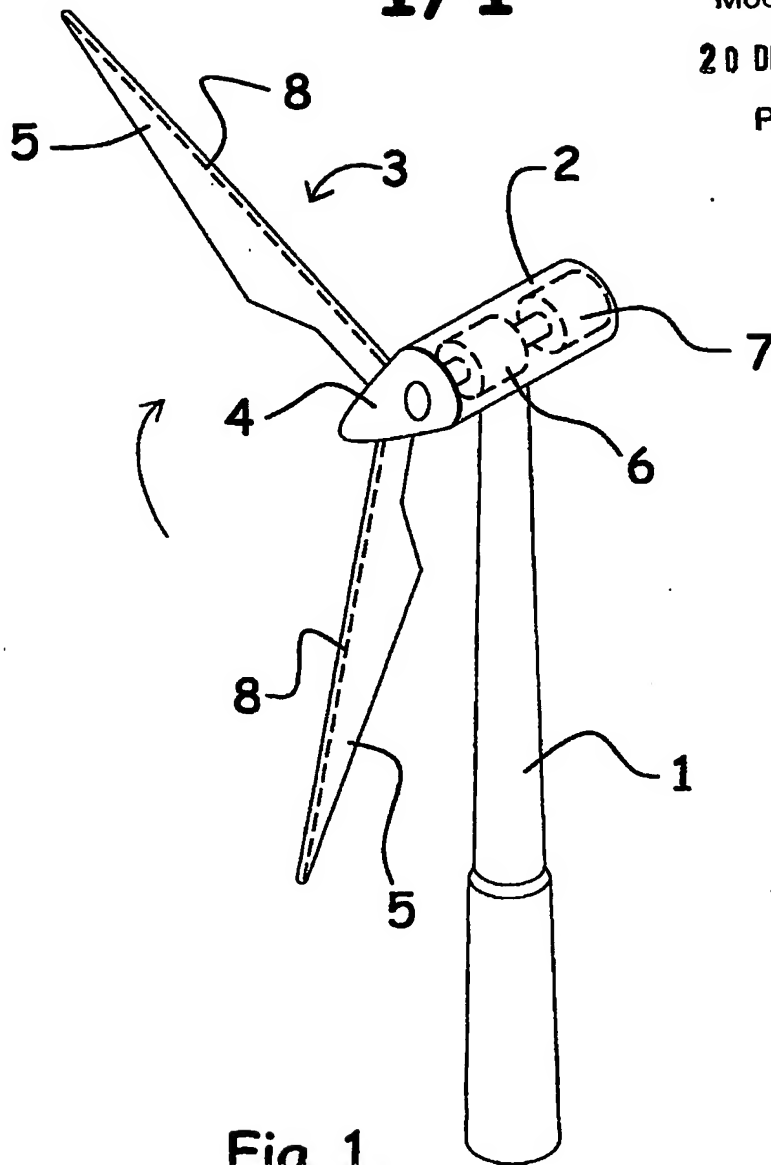


Fig. 1

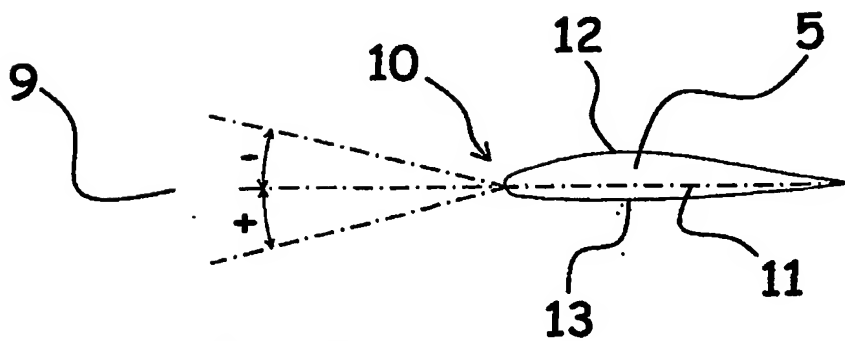


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**